

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN BIONANOKOMPOSIT SELULOSA BAKTERI-Ag SEBAGAI MEMBRAN ANTIBAKTERI

Dwi Cahyaningsih¹, Andi Dahliaty², Amilia Linggawati³

¹Mahasiswa Program Studi S1 Kimia

²Bidang Biokimia Jurusan Kimia

³Bidang Kimia Fisika Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

dwicahyaningsih17@gmail.com

ABSTRACT

Bacterial cellulose is a potential biopolymer that can be used in the medical field as an antibacterial membrane. Antibacterial membrane was synthesized from bacterial cellulose that was composited with silver nanoparticle that has antibacterial activity. Silver nanoparticles were impregnated into bacterial cellulose membrane to produce bacterial cellulose-Ag bionanocomposite membrane. Synthesis of silver nanoparticles was performed using reduction method with various concentrations of AgNO₃ as precursor (0.5 mM, 1 mM, 1.5 mM) and sodium citrate as reducing and stabilizing agent. Bacterial cellulose-Ag bionanocomposite membrane was characterized by Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX). The results of SEM-EDX characterization showed that bacterial cellulose-Ag bionanocomposite membrane with AgNO₃ 0.5 mM has smallest size of silver nanoparticles (30-60 nm) and distributed homogeneously in the bacterial cellulose membrane. Antibacterial test against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* was carried out by the agar diffusion and turbidimetry method. Bacterial cellulose-Ag bionanocomposite membrane did not show antibacterial activity in the agar diffusion method. In turbidimetry method, bacterial cellulose-Ag bionanocomposite membrane with AgNO₃ 0.5 mM showed antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. It was able to decrease Optical Density of *Staphylococcus aureus* (26,69%) and *Escherichia coli* (22,91%) compared to controls.

Keywords : antibacterial, bacterial cellulose, bionanocomposite membrane, silver nanoparticle

ABSTRAK

Selulosa bakteri adalah biopolimer yang berpotensi digunakan dalam bidang medis sebagai membran antibakteri. Membran antibakteri disintesis dari membran selulosa bakteri yang dikompositkan dengan nanopartikel perak yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri. Nanopartikel perak diimpregnasi ke dalam membran selulosa bakteri menghasilkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag. Sintesis nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode reduksi dengan variasi konsentrasi

prekursor AgNO_3 yaitu 0,5 mM, 1 mM, 1,5 mM dan natrium sitrat sebagai pereduksi sekaligus stabilisator. Membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX). Hasil karakterisasi dengan SEM-EDX menunjukkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO_3 0,5 mM memiliki ukuran nanopartikel perak yang lebih kecil (30-60 nm) dan terdistribusi homogen dalam membran selulosa bakteri. Uji antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dilakukan dengan metode difusi agar dan turbidimetri. Pada metode difusi agar, membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag tidak menunjukkan aktivitas antibakteri. Pada metode turbidimetri, membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO_3 0,5 mM memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* yaitu terjadi penurunan OD sebesar 26,69% dan 22,91% terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dibandingkan kontrol.

Kata kunci: antibakteri, selulosa bakteri, membran bionanokomposit, nanopartikel perak

PENDAHULUAN

Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor sensor optik, dan agen antimikrob. Sebagian besar pemanfaatannya adalah sebagai antimikrob (Haryono dan Harmami., 2008). Kemampuan antimikrob nanopartikel perak antara lain sebagai antibakteri dan antijamur (Kim dkk., 2006). Menurut Prabhu dkk. (2012), nanopartikel perak mempunyai daya toksik yang tinggi terhadap berbagai mikroorganisme, termasuk diantaranya terhadap 16 jenis bakteri.

Sintesis nanopartikel perak yang sering digunakan yaitu reduksi kimia garam perak oleh natrium sitrat atau natrium borohidrat karena prosesnya sederhana dan mudah. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis nanopartikel perak yaitu temperatur larutan, konsentrasi prekursor, agen pereduksi dan waktu reaksi (Sileikaite dkk., 2006). Ukuran partikel mempengaruhi sifat antimikrob nanopartikel perak. Semakin kecil ukuran nanopartikel perak

semakin besar efek antimikrobnya (Guzman dkk., 2009).

Perkembangan nanopartikel saat ini sudah mengarah pada pengembangan nanokomposit. Pada masa kini riset tentang nanokomposit intensif dilakukan. Salah satu diantaranya adalah polimer nanokomposit. Polimer nanokomposit dibuat dengan menggabungkan material polimer dengan nanopartikel. Polimer nanokomposit yang dihasilkan memberikan peningkatan karakteristik bahan yaitu pada sifat fisik, mekanik dan kimia dibanding polimer murni (Shiraisi dkk., 2000).

Selulosa bakteri (*bacterial cellulose*) adalah polimer alam yang dihasilkan dari proses fermentasi bakteri *Acetobacter xylinum* (*A. xylinum*). Selulosa hasil aktivitas bakteri *A. xylinum* memiliki sifat-sifat fisik yang berbeda dengan selulosa tumbuhan seperti ukuran mikrofibril yang lebih halus, kekuatan tarik dan derajat kristalinitas yang lebih besar serta kemurnian dan kapasitas dalam menyerap air yang lebih tinggi (Panesar dkk., 2009).

Penelitian pengembangan selulosa bakteri untuk peningkatan daya gunanya telah banyak dilakukan. Beberapa peneliti telah memanfaatkan selulosa bakteri sebagai membran separasi, bahan pencampur dalam industri kertas, bahan biomedis, farmasi dan kosmetik (Panesar dkk., 2009). Dalam bidang biomedis selulosa bakteri dapat digunakan sebagai pembuluh darah buatan dan penyembuh luka karena mempunyai sifat hidrofilitas tinggi, non-alergenik dan dapat disterilisasi tanpa mempengaruhi karakteristik material (Ciechańska., 2004).

Berdasarkan penjelasan di atas, selulosa bakteri berpotensi sebagai membran antibakteri. Selulosa bakteri pada dasarnya tidak memiliki sifat antibakteri, agar selulosa bakteri memiliki sifat antibakteri dapat dikompositkan dengan nanopartikel perak yang memiliki sifat antibakteri. Nanopartikel perak dikompositkan dengan selulosa bakteri dengan cara diimpregnasi ke dalam membran selulosa bakteri menghasilkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag. Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode reduksi kimia dengan menggunakan natrium sitrat sebagai pereduksi. Natrium sitrat mereduksi ion Ag^+ yang terserap pada membran selulosa bakteri menjadi Ag^0 . Sifat antibakteri membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag ditentukan dengan uji antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* (bakteri Gram positif) dan *Escherichia coli* (bakteri Gram negatif) dilakukan dengan metode difusi agar dan turbidimetri.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX), Spektrofotometer UV-Vis, oven, *Vortex*, inkubator, autoklaf, termometer, timbangan analitis, *magnetic stirrer* dan peralatan gelas laboratorium standar lainnya sesuai dengan prosedur.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air kelapa, sukrosa, *Zwavelzure Ammoniak* (ZA), asam asetat 96%, starter *A. xylinum* koleksi Laboratorium Kimia Pangan Jurusan Kimia FMIPA UR, perak nitrat ($AgNO_3$), natrium sitrat dihidrat ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$), natrium hidroksida (NaOH), *Nutrient Agar* (NA) (Merck, No.kat.185150036), *Nutrient Broth* (NB) (Merck, No.kat.086143930), isolat bakteri *S. aureus* dan *E. coli* koleksi dari Laboratorium Riset Enzim, Fermentasi dan Biomolekuler FMIPA Universitas Riau.

b. Sintesis Membran Selulosa Bakteri

Sebanyak 500 mL air kelapa disaring dengan kain kasa bersih, selanjutnya ditambahkan 5 g sukrosa, 2,5 g ZA dan 5 mL asam asetat 96 %. Setelah tercampur, larutan tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri steril masing-masing sebanyak 100 mL. Larutan dibiarkan hingga benar-benar dingin, kemudian ditambahkan starter *A. xylinum* dengan konsentrasi 14% dari volume air kelapa. Setelah pemberian starter, cawan petri ditutup dengan kertas koran dan difermentasi selama 5 hari

hingga menjadi lembaran selulosa bakteri. Lembaran selulosa bakteri yang dihasilkan kemudian dicuci dan dimurnikan. Pemurnian dilakukan dengan mendidihkan selulosa bakteri dalam larutan 1% NaOH selama 2 jam. Selanjutnya selulosa bakteri dicuci dengan asam asetat selama 30 menit dan air mengalir hingga pH selulosa bakteri netral. Tahap pengeringan dilakukan setelah selulosa bakteri benar-benar pada kondisi pH netral. Selulosa bakteri ditempatkan dalam oven pada rentang temperatur 60-70°C hingga berat konstan dengan galat ketelitian $\pm 0,002$.

b. Sintesis Membran Bionanokomposit Selulosa Bakteri-Ag

Membran selulosa bakteri dimasukkan ke dalam erlenmeyer ditambahkan sebanyak 50 mL AgNO_3 (variasi konsentrasi 0,5 mM; 1 mM; 1,5 mM) dan dipanaskan pada 90°C sambil diaduk dengan *magnetic stirer* dan kemudian ditambah 5 mL natrium sitrat dihidrat 1% sambil diaduk berterusan selama 2 jam. Penambahan natrium sitrat dihidrat menyebabkan perubahan warna larutan dari putih menjadi kuning kecoklatan yang menunjukkan pembentukan nanopartikel perak. Selanjutnya membran dikeluarkan dari dalam larutan dan dikeringanginkan. Membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag siap untuk dikarakterisasi.

c. Karakterisasi Membran Bionanokomposit Selulosa Bakteri-Ag dan Nanopartikel Perak

Analisis morfologi membran, ukuran dan distribusi nanopartikel perak

serta komposisi unsur pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag menggunakan SEM-EDX VEISS Model 7353 Serial 14756-3390-289-51. Sampel yang dipilih untuk dikarakterisasi adalah membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 yang terkecil dan terbesar yaitu 0,5mM dan 1,5 mM. Analisis morfologi pada sampel dilakukan pada pembesaran 25000 kali. Analisis komposisi unsur dilakukan untuk unsur karbon, oksigen dan perak.

d. Uji Antibakteri

Uji antibakteri dilakukan dengan metode difusi agar dan turbidimetri terhadap *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) dan *Eschericia coli* (*E. coli*).

1. Metode difusi agar

Sebanyak 1 mL larutan NB yang berisi biakan bakteri dimasukkan ke dalam cawan petri yang sudah disterilisasi, kemudian ditambahkan 15 mL NA dan digoyang-goyang agar bakteri tersuspensi merata. Media NA dibiarkan memadat, kemudian diletakkan masing-masing membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag hasil sintesis dan membran selulosa bakteri (sebagai kontrol) yang berdiameter 6 mm pada permukaan media. Selanjutnya diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C dengan membalikkan cawan petri. Diameter daerah bening di sekitar membran diukur setelah diinkubasi selama 24-48 jam.

2. Metode turbidimetri

Sebanyak 15 mL NB dipipet ke dalam tabung reaksi dan disterilisasi. Selanjutnya masing-masing sebanyak 1 mL biakan bakteri yang telah berumur

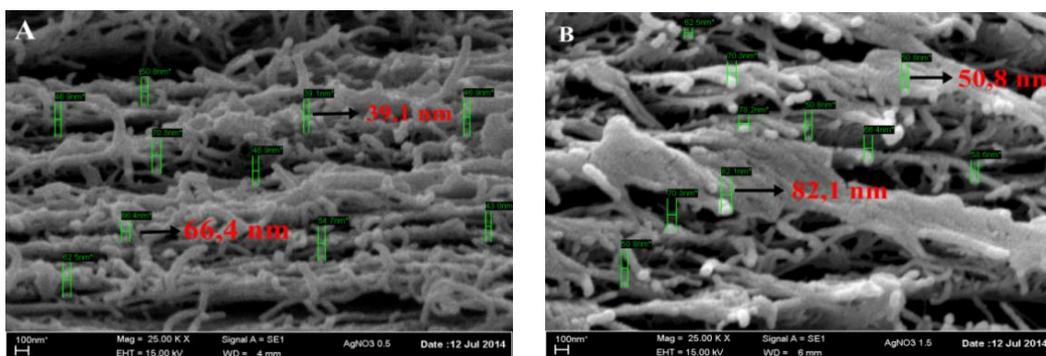
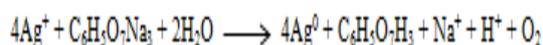
18-24 jam dimasukkan ke dalam NB dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37⁰C di dalam inkubator. Setelah 24 jam, dilakukan pengukuran OD dan selanjutnya membran selulosa bakteri (kontrol) dan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag (diameter 6 mm) hasil sintesis dimasukkan ke dalam masing-masing tabung reaksi tersebut. Selanjutnya diinkubasi kembali pada suhu 37⁰C selama 24 jam. Setelah 24 jam dilakukan pengukuran OD. Pengukuran OD dilakukan pada panjang gelombang 660 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

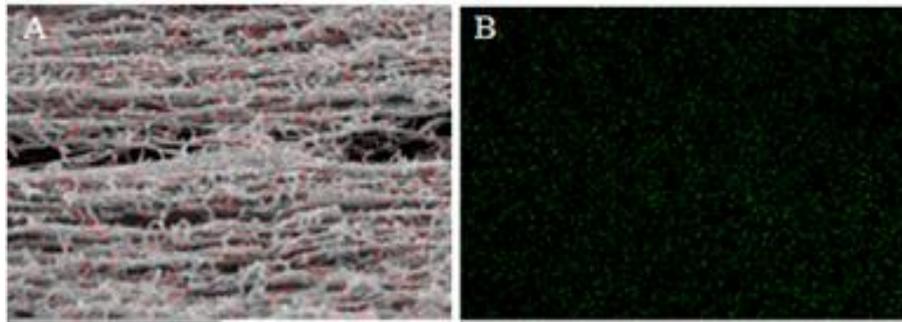
Pada Gambar 1 memperlihatkan struktur membran bionanokomposit adalah berupa jalinan serat selulosa yang tidak beraturan dan bertumpuk serta nanopartikel perak yang tersebar pada serat selulosa tersebut. Membran selulosa bakteri yang dihasilkan juga menunjukkan struktur berpori yang tidak merata. Nanopartikel perak banyak terimpregnasi pada serat selulosa yang rapat. Nanopartikel perak yang terimpregnasi pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO₃

0,5 mM memiliki ukuran nanopartikel antara 30-60 nm. Pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO₃ 1,5 mM nanopartikel yang terimpregnasi memiliki ukuran antara 50-80 nm.

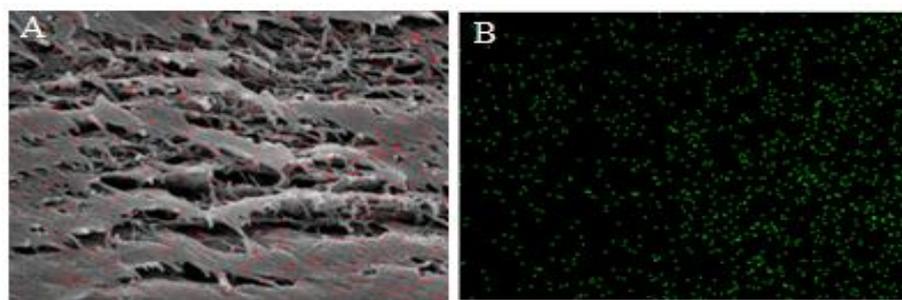
Perbedaan konsentrasi prekursor AgNO₃ mempengaruhi ukuran nanopartikel perak yang terbentuk. Nanopartikel perak yang terbentuk dari AgNO₃ 0,5 mM lebih kecil dan stabil karena jumlah Ag⁺ yang direduksi lebih sedikit sehingga natrium sitrat menjadi berlebih. Natrium sitrat yang berlebih tersebut dapat menstabilkan nanopartikel yang telah terbentuk karena salah satu fungsi natrium sitrat dalam penelitian ini adalah sebagai stabilisator. Pada nanopartikel perak dari AgNO₃ 1,5 mM, jumlah Ag⁺ yang harus direduksi lebih banyak. Hal ini menyebabkan berkurangnya fungsi natrium sitrat sebagai stabilisator sehingga kemungkinan terjadi aglomerasi lebih besar dan akibatnya ukuran nanopartikel perak semakin besar. Reaksi pembentukan nanopartikel perak adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Morfologi dan ukuran nanopartikel perak dalam membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor (A) AgNO₃ 0,5 mM dan (B) AgNO₃ 1,5 mM dengan perbesaran 25000 kali



Gambar 2. Distribusi nanopartikel perak dalam membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5 mM (A) foto SEM pada penampang melintang (B) foto EDX



Gambar 3. Distribusi nanopartikel perak dalam membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 1,5 mM (A) foto SEM pada penampang melintang (B) foto EDX

Pada Gambar 2 memperlihatkan pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5 mM memiliki distribusi nanopartikel perak yang rapat dan merata. Pada Gambar 3 memperlihatkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 1,5 mM menunjukkan distribusi nanopartikel perak yang kurang merata dan tidak rapat. Pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO_3 0,5 mM memiliki nanopartikel perak yang berukuran lebih kecil dibandingkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO_3 1,5 mM sehingga terdistribusi lebih

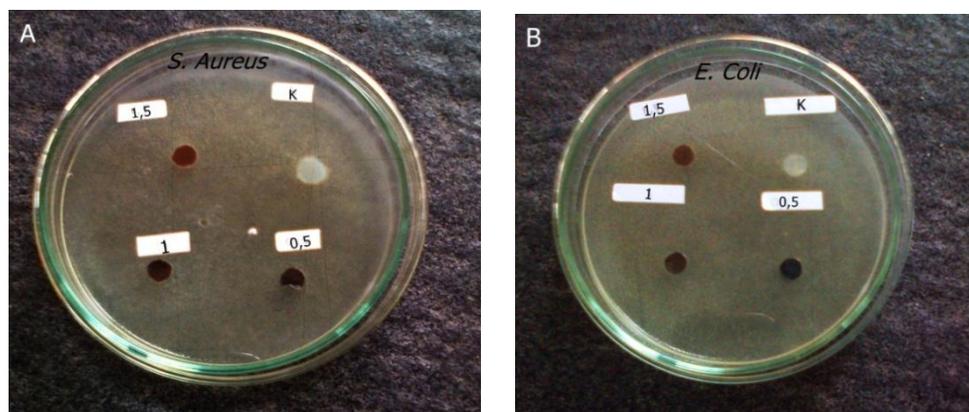
merata dan homogen di dalam membran selulosa bakteri.

Tabel 1 memperlihatkan kandungan unsur dalam membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag. Kandungan unsur karbon (C) dan oksigen (O) pada hasil analisis merupakan unsur penyusun membran selulosa bakteri. Kandungan unsur perak (Ag) pada hasil analisis merupakan nanopartikel perak yang terimpregnasi pada membran selulosa bakteri. Pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO_3 0,5 mM memiliki kandungan unsur Ag yang lebih kecil dibandingkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO_3 1,5 mM. Hal ini disebabkan pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag

dengan prekursor AgNO_3 1,5 mM yang lebih banyak dibandingkan dengan memiliki kandungan prekursor ion Ag^+ prekursor AgNO_3 0,5 mM.

Tabel 1: Kandungan unsur C, O dan Ag pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5 mM dan 1,5 mM

Unsur	Membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5 mM		Membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 1,5 mM	
	% Berat	% Atom	% Berat	% Atom
C	55,7	64,69	66,8	77,84
O	39,83	34,73	23,95	20,96
Ag	4,48	0,58	9,25	1,2
Total	100	100	100	100



Gambar 4. Uji antibakteri membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag terhadap (A) *S. aureus* dan (B) *E. coli*

Gambar 4 memperlihatkan pada uji antibakteri dengan metode difusi agar tidak ada zona bening yang terbentuk untuk masing-masing membran bionanokomposit dengan konsentrasi prekursor AgNO_3 0,5 mM; 1 mM dan 1,5 mM terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. Hal ini tidak berarti membran selulosa bakteri-Ag tidak memiliki aktivitas antibakteri. Hal ini dikarenakan nanopartikel perak telah terimpregnasi kuat didalam membran selulosa bakteri sehingga sulit terpenetrasi di dalam media padat (NA).

Uji antibakteri dengan metode turbidimetri dilakukan pada media cair yaitu NB. Data Optical Density (OD) yang didapatkan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2 dan 3

Tabel 2: Nilai OD untuk uji antibakteri terhadap *S. aureus*

Jenis membran bionanokomposit dengan konsentrasi prekursor	Nilai OD		% Perubahan OD
	Sebelum ditambahkan membran bionanokomposit*	Setelah ditambahkan membran bionanokomposit**	
AgNO ₃ 0,5 mM	0,24667 ± 0,020817 ^a	0,181 ± 0,020075 ^b	(-26,69 ± 3,248) ^b
AgNO ₃ 1 mM	0,24867 ± 0,017156 ^a	0,278 ± 0,027221 ^a	(12,29 ± 18,334) ^a
AgNO ₃ 1,5 mM	0,25167 ± 0,020207 ^a	0,2286 ± 0,022338 ^b	(-8,97 ± 11,580) ^{ab}
Kontrol	0,29433 ± 0,363639 ^a	0,3103 ± 0,325166 ^a	(5,72 ± 7,229) ^a

Catatan :*) nilai rata-rata OD sebelum ditambahkan membran bionanokomposit dari tiga kali pengulangan. **) nilai rata-rata OD setelah ditambahkan membran bionanokomposit dari tiga kali pengulangan. Pangkat huruf yang sama menyatakan tidak berbeda nyata pada tingkat 5% ($\alpha \geq 0,05$) berdasarkan uji Duncan jarak berganda.

Tabel 3: Nilai OD untuk uji antibakteri terhadap *E. coli*

Jenis membran bionanokomposit dengan konsentrasi prekursor	Nilai OD		% Perubahan OD
	Sebelum ditambahkan membran bionanokomposit*	Setelah ditambahkan membran bionanokomposit**	
AgNO ₃ 0,5 mM	0,653 ± 0,130158 ^a	0,498 ± 0,149121 ^{ab}	(-22,91 ± 12,871) ^b
AgNO ₃ 1 mM	0,55 ± 0,093872 ^a	0,38767 ± 0,228088 ^b	(-32,59 ± 27,349) ^b
AgNO ₃ 1,5 mM	0,6733 ± 0,092652 ^a	0,89133 ± 0,228347 ^a	(30,82 ± 16,989) ^a
Kontrol	0,62167 ± 0,072231 ^a	0,642 ± 0,2358904 ^{ab}	(21,83 ± 14,736) ^a

Catatan :*) nilai rata-rata OD sebelum ditambahkan membran bionanokomposit dari tiga kali pengulangan. **) nilai rata-rata OD setelah ditambahkan membran bionanokomposit dari tiga kali pengulangan. Pangkat huruf yang sama menyatakan tidak berbeda nyata pada tingkat 5% ($\alpha \geq 0,05$) berdasarkan uji Duncan jarak berganda.

Pada uji antibakteri menggunakan metode turbidimetri, kemampuan antibakteri zat uji diketahui dengan adanya penurunan OD yang menunjukkan terjadinya kematian sel. Uji antibakteri terhadap *S. aureus* menunjukkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 0,5 mM dan 1,5 mM dapat menyebabkan penurunan OD sebesar 26,69% dan 8,97%. Pada membran bionanokomposit selulosa

bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 1 mM tidak menyebabkan penurunan OD.

Pada uji antibakteri terhadap *E. coli* menunjukkan membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 0,5 mM dan 1 mM dapat menyebabkan penurunan OD sebesar 22,91% dan 32,59%. Pada membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃

1,5 mM tidak menyebabkan penurunan OD.

Hasil uji Duncan jarak berganda menunjukkan penurunan OD *S. aureus* pada uji antibakteri membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 0,5 mM berbeda secara signifikan ($\alpha < 0,05$) terhadap kontrol. Penurunan OD *S. aureus* pada uji antibakteri membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 1,5 mM tidak berbeda secara signifikan ($\alpha < 0,05$) terhadap kontrol. Penurunan OD *E. coli* pada uji antibakteri terhadap membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 0,5 mM dan 1 mM berbeda secara signifikan ($\alpha < 0,05$) terhadap kontrol.

Menurut Guzman dkk. (2009) semakin kecil ukuran nanopartikel perak, semakin besar efek antimikrobnya. Pada penelitian ini, membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 0,5 mM memiliki ukuran nanopartikel perak yang lebih kecil yaitu 30-60 nm. Sehingga pada uji antibakteri untuk membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 0,5 mM menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih baik yaitu dengan terjadinya penurunan OD terhadap kedua bakteri uji.

Menurut Feng dkk. (2000) mekanisme antibakteri dari nanopartikel perak adalah diawali dengan nanopartikel perak melepaskan ion Ag⁺ dan selanjutnya terjadi interaksi antara ion perak Ag⁺ dengan gugus tiol (-SH) pada protein permukaan. Seperti protein

pada membran sel bakteri. Ion perak akan menggantikan kation hidrogen (H⁺) dari gugus tiol sulfidril menghasilkan gugus S-Ag yang lebih stabil pada permukaan sel bakteri. Hal ini dapat menonaktifkan enzim dan menurunkan permeabilitas membran. dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel. Selanjutnya, ion perak akan memasuki sel dan mengubah struktur DNA dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel.

KESIMPULAN

Sintesis membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan konsentrasi prekursor AgNO₃ 0,5 mM menghasilkan nanopartikel perak yang berukuran lebih kecil (30-60 nm) dan terdistribusi merata di dalam membran selulosa bakteri. Hasil uji antibakteri dengan metode turbidimetri menunjukkan bahwa membran bionanokomposit selulosa bakteri-Ag dengan prekursor AgNO₃ 0,5 mM memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli* yaitu mampu menurunkan OD sebesar 26,69% terhadap *S. aureus* dan 22,91% *E. coli* terhadap kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Ciechańska, D. 2004. *Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Materials for Medical Applications*. Fibres and textiles, Eastern Europe.
- Feng, Q. L., Wu, J. Chen, G.Q., dan Cui, F.Z. 2000. A Mechanistic study of the antibacterial effect of silver

- ions on *Escherichia coli* and of *Biomedical Materials Research*. 52(4): 662-668.
- Guzman, M.G., Jean D., dan Stephan G. 2009. Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*. 2: 3.
- Haryono, A., dan Harmami, S.B. 2010. Aplikasi nanopartikel perak pada serat katun sebagai produk jadi tekstil antimikrob. *Jurnal Kimia Indonesia*. 5(1): 1-6.
- Jiang, X.C., Chen, C.Y., dan Yu, A.B. 2010. Role of citric acid in the formation of silver nanoplates through a synergistic reduction approach. *Langmuir Article*. 26(6): 4400-4408.
- Kim, J.S., Kuk, E., Yu, K.N., Kim, J., Park, S.J., Lee, H.J., Kim, S.H., Park, Y.K., Park, Y.H., Hwang, C., Kim, Y.K., Lee, Y., Jeong, D.H., dan Cho, M. 2006. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*. 3: 95-101.
- Panesar, P.S., Chavan, Y.V., Bera, M.B., Chand, O., dan Kumar, H. 2009. Evaluation of *Acetobacter* strain for the production of microbial cellulose. *Asian Journal of Chemistry* 21(10): 99-102.
- Prabhu, S., dan Pouluse, K. 2012. Silver Nanoparticles: Mechanism of antimicrobial action, synthesis, *Staphylococcus aureus*. *Journal of medical applications, and toxicity effects*. *International Nano Letters*. 2: 32.
- Shiraishi, S., Visnawathan, B., dan Varadarajan, T.K. 2006. A novel single step chemical route for noble metal nanoparticles embedded organoc-inorganic composite films. *Material Chemistry and Physics*. 95: 51-55.
- Sileikaite, A., Igoris, P., Judita., Algimantas, J., dan Asta, G. 2006. Analysis of silver nanoparticles produced by chemical reduction of silver salt solution. *Material Science*. 12 (4).